Nr 1—2. Warszawa, dnia 25 lutego 1929 r. Rok III

KOTŁOWNIA I SALA MASZYN

DODATEK DO TECHNIKI CIEPLNEJ,
ORGANU STOWARZYSZENIA DOZORU KOTŁÓW W WARSZAWIE.

Adres Redakcji i Administracji, Warszawa, Chmielna 2, m. 6. Telefon 275-45.
Redaktor: JAN KOMARNICKI, inż. techn.

MRUCZENIE KOTŁÓW.

W pewnych poszczególnych wypadkach daje się niekiedy zaobserwować w kotle specjalne zjawisko, charakterystyczne pewnemi dźwiękami i odgłosami, pochodzącemi z wnętrza instalacji kotłowej. Zjawisko to, t. zw. „mruczenie" kotła jest naogół rzadkie, a osobliwe dźwięki, które wówczas słyszymy, są wywołane drganiami. Jeśli ilość tych drgań będzie taka sama, z jaką drga kocioł, omurowanie i t. p. (drgania własne), wówczas następuje rezonans, czyli te działania nawzajem się dodają i wówczas mruczenie kotła może być tak silne, że w kotłowni nie można nic słyszeć, co zmniejsza bezpieczeństwo ruchu kotła i utrudnia pracę palaczowi, gdyż może on w takich warunkach nie słyszeć dawanych mu poleceń, sygnałów i zarządzeń; również może ujść jego uwagi „granie" zaworów bezpieczeństwa przy wzroście prężności pary w kotle ponad dozwoloną wysokość, a także powstałe nieszczelności, pęknięcia rur, czy inne uszkodzenia. Wspomniany rezonans oddziałuje bardzo szkodliwie na urządzenia kotłowe i jeśli ich w krótkim czasie nie niszczy, to w każdym razie skraca ich „życie". To samo odnosi się i do tego wypadku, gdy w rezonans z drganiami kotła i obmurowania wpada budynek kotłowni.

W „Zeitschrift des Bayr. Rev. Vereines" z r. 1911 jeden z czytelników tak określa to zjawisko: „Mruczenie kotła jest to stosunkowo niski. głuchy dźwięk, przy którym drga cały kocioł, a niekiedy także budynek, szyby i t. d. Kto je raz słyszy, nie zamieni je z żadnym innym dźwiękiem".

Ilość drgań, które wywołuje mruczenie kotła, waha się w granicach między 40—100 na sekundę.

Przyczyny tego zjawiska, znanego od szeregu lat, różnorako sobie tłumaczono. Należy nadmienić, że do dnia dzisiejszego niema jeszcze jednolitego poglądu na tę sprawę. W „Zeitschrift des Bayr. Rev. Vereines" z r. 1911 Irinys określa to zjawisko w ten sposób: „mruczeniem jest nic więcej, jak tylko ciężkie sapanie setek języków płomienia przy złem działaniu komina". W temże czasopiśmie Rüster tłumaczy to tem, że doprowadzone pod ruszt powietrze tworzy mieszankę z palnemi gazami, która się wybuchowo ponad rusztem zapala; źródło tych dźwięków ma leżeć w strefie rusztu.

W ostatnich czasach rozważa ten problem Werner Weck w swej broszurze z r. 1927 p. t. „Das Brummen der Dampfkessel". Według niego przyczyną mruczenia kotła jest wtórne spalanie się palnych gazów zawartych w spalinach. Przebieg jest następujący: Gdy wrzucimy do paleniska świeże paliwo, wówczas w pierwszym okresie spalania następuje odgazowanie części lotnych. Zależnie od sposobu doprowadzania paliwa, jakości paliwa i ukształtowania komory ogniowej, proces ten może przebiegać z różną szybkością. Jeśli paliwo jest bogate w gazy (węgiel gazujący) i świeżo doprowadzone paliwo poddane jest silnemu promieniowaniu ścian i sklepienia obmurza, jak również płomienia, wówczas odgazowanie może być bardzo szybkie, a nawet gwałtowne. Jeśli w tym momencie ilość dopływającego powietrza do spalania jest niedostateczna, wówczas płomień się wydłuża („szuka tlenu") i spalany jest z niedomiarem powietrza. Gdy w drugiem miejscu komory ogniowej lub kanału spaliny zawierają nadwyżkę powietrza, lub jeśli przez nieszczelność obmurza powietrze dochodzi do gazów spalinowych, wówczas przy zetknięciu się palnych gazów z powietrzem następuje pewnego rodzaju kompresja i wtórne spalanie, (gdy są ku temu inne odpowiednie warunki), wywołujące charakterystyczne szmery. Szczególnie silnie nastąpi to mieszanie się przy zmianie kierunków, np. na końcach płomienic, a wywołane tym sposobem wahania ciśnienia, rozchodzą się we wszystkich kierunkach, dochodząc aż do rusztu. Jeśli ilość drgań płomienia przy wtórnem spalaniu wpadnie w rezonans z drganiami spalin w ciągach, wówczas wspomniane szmery występują znacznie silniej. Szczególnie korzystne są warunki dla tego rodzaju przebiegów przy kotłach sekcyjnych i stromorurkowych z mechanicznemi rusztami łańcu-

chowemi. Przejście z pierwszego ciągu do drugiego odbywa się zwykle pod ostrym kątem, gdzie są korzystne warunki do mieszania się spalin i do wtórnego spalania się niespalonych gazów. Przy kotłach płomienicowych proces ten odbywa się przy wylocie gazów z płomienicy. Mruczenie nie zajdzie ani w tym wypadku, gdy niema w spalinach palnych gazów, ani też tam, gdzie wprawdzie one są, ale brak nadwyżki powietrza.

Samo falowanie płomienia na ruszcie tylko w wyjątkowych wypadkach mogłoby wywoływać drganie.

Według czasopisma „Power“ z r. 1928 opisywane powyżej szmery wywołuje pulsacja w palenisku, pod którą rozumiemy falowanie lub drganie płomienia. Wskutek różnicy ciśnień i odbicia się powstałych fal o nieelastyczne ściany powstają dalsze odgłosy. Powstawanie harmonijnych drgań lub oscylacyj jest zjawiskiem wtórnem. Drgania, jak i towarzyszące im głuche uderzenia, dźwięki, detonacje i t. d., czyli to, co nazywamy mruczeniem kotła, są zawsze w rezonansie z drganiami pierwotnemi. Same w sobie są te pulsacje nieharmonijne; w wielu wypadkach są one korzystne dla spalania, gdy jednak wyjdą poza pewne granice, to mogą działać hamująco i niekorzystnie na przebieg spalania. Zjawisko to występuje w kotłach opalanych węglem i paliwami płynnemi; charakterystycznem jest, że nie zaobserwowano tego przy kotłach, opalanych gazami. Najczęściej występuje ono przy rozpalaniu kotłów. Jako najczęstsze powody tego zjawiska „Power“ podaje następujące:

1) Każda zmiana ilości powietrza, ciągu lub też temperatury zmienia warunki spalania. Nierównomierne mieszanie się gazów z powietrzem powoduje dodatkowe (wtórne) spalanie, to zaś perjodycznie się wahające ciśnienie i drgania.

2) Silne wahania temperatury paliw płynnych powodują przyśpieszenie i opóźnienie spalania, co prowadzi do drgań. Im są większe te zmiany, tem silniejsze są przyspieszenia i drgania.

3) Mieszanka powietrza i gazów ma wielki wpływ na przebieg spalania. Jeśli równowaga równomiernego spalania się zostanie w jakikolwiekbądź sposób zachwiana, wówczas płomień staje się niespokojny i tworzą się wiry.

4) Napór powietrza wpływa na ciąg kominowy. Wahania siły wiatru i jego kierunku oddziałowują na palenisko, powodując drgania.

5) Miarodajną wielkością dla siły drgań jest pierwotne uderzenie. Aby mogły powstać drgania, to siły wywołujące je mu-

szą osiągnąć pewną określoną wielkość; ta zaś zależy od objętości paleniska. Tam, gdzie jest małe obciążenie a duża objętość komory paleniska w stosunku do spalonej ilości paliwa, podobne zjawiska mogą łatwiej występować, niż przy dużem obciążeniu.

Jak z powyższego wynika, podawane są różnorakie przyczyny mruczenia kotłów. Dokładne wyświetlenie tej sprawy utrudnia w pierwszym rzędzie ta okoliczność, że jest to zjawisko stosunkowo rzadkie; mruczenie kotłów zachodzi mniej więcej w jednym procencie ilości kotłów. Tam, gdzie ono występuje, właściciel kotła stara się jak najszybciej usunąć mruczenie, a nie bada przyczyn. Również trudne warunki badania komplikują sprawę.

Jak różne podawane są przyczyny mruczenia. tak też są zalecane różnorakie sposoby jego usunięcia. W. Weck odpowiednio do swej teorji podaje trzy środki zaradcze:

1) Zmiana paliwa bogatego w gazy na paliwo chude, mało gazujące.

2) Doprowadzenie do spalania więcej powietrza, co winno się odbyć w ten sposób, by doprowadzić powietrze w te miejsca, gdzie go było za mało. Można to osiągnąć przez zmianę sortymentu węgla z drobnoziarnistego (np. miału) na węgiel o większych kawałkach. Ta droga jest połączona jednak z większym wydatkiem na paliwo, bo taki wegiel jest droższy. Zastosowanie podmuchu i to z podziałem na strefy usuwa mruczenie, jak również doprowadzenie we właściwem miejscu powietrza nad rusztem, jako powietrza wtórnego.

3) Zmiana szybkości odgazowania. Tu wchodzi w grę sposób doprowadzania paliwa. Dobre wyniki daje równomierne doprowadzenie paliwa na ruszty stałe i jego jednakowe rozsypywanie po całym ruszcie. Przy rusztach ruchomych i podsuwnych odgazowanie zależy głównie od długości i wysokości sklepienia w komorze ogniowej. Promieniowanie ciepła na początek rusztu przy równej długości sklepienia jest tem większe, im jego wysokość jest większa. Przez skrócenie, albo przez obniżenie sklepienia, względnie przez zastosowanie obu środków równocześnie, można złemu zaradzić.

Odpowiednio do podanych przyczyn mruczenia kotłów „Power“ (jak wyżej) jako środki zapobiegawcze podaje głównie zmianę stanu ognia, która może być dokonana przez zmianę ciągu, ilości powietrza, temperatury i paliwa.

Przytoczymy jeszcze wyrażony na tę sprawę pogląd w „Z. d. Bayr. R. V.“ z r. 1925, że: „pierwotny ton mruczenia powstaje bezpośrednio na ruszcie, a mruczenie jest zjawiskiem wskutek rezonansu, zależnem od rodzaju obmurowania kotła“. Czytamy tam dalej, że istnieje pewna zależność między rodzajami paliwa, prędkością spalania, budową kotła i jego obmurowaniem, przy której zaczyna się mruczenie. Ponieważ budowa i obmurowanie są danemi wielkościami, przy których wiele zmienić się nie da, należy czynić próby z innem paliwem; czasem wystarcza przejście do innego sortymentu paliwa, by mruczenie ustało. W niektórych wypadkach pomogło doprowadzenie podgrzanego wtórnego powietrza.

Przy tych wszystkich wskazaniach musimy mieć na oku równocześnie dwa cele:

1) usuniecie niepożądanego zjawiska mruczenia kotła, i 2) by środki, wiodące do tego celu, nie wywołały pogorszenia się sprawności cieplnej i całkowitej urządzenia. *R. M.*

Z CODZIENNEJ PRAKTYKI.

1. Nieszczelności obmurza.

Zażądano pewnego razu odemnie rady na bardzo niski ciąg ominowy w pewnej kotłowni. Wynosił on zaledwie 1,5 *mm* sł. wody. Komin obsługiwał trzy kotły płomieniówkowe zwrotne. Wobec niewielkiego obciążenia kotłowni należało się spodziewać, że w normalnych warunkach ciągu, dostateczną byłaby praca dwóch kotłów. Ponieważ żądano szybkich wyników, poleciłem zainstalować przewietrznik na ciąg sztuczny, ssany. Po uruchomieniu wentylatora ciąg komina nie uległ żadnej poprawie pomimo, że wentylator pracował bez zarzutu.

Wówczas wypadło odwołać się do pomiarów temperatury i analizy gazów. Okazało się, że gazy zawierały zaledwie 2,5% CO_2. Temperatura gazów dochodzących do przewietrznika wahała się w granicach od 135° *C* do 150 *C*. Próbki gazów pobierane były za przewietrznikiem, ponieważ chodziło o wyjaśnienie dlaczego przewietrznik nie spełniał swego zadania.

Okazało się przeto to, co można byłoby stwierdzić od samego początku o ile zaczęlibyśmy od analizy gazów i od termometru, okazało się, że przez nieszczelności obmurza do kana-

łów dymowych przenikały znaczne ilości powietrza. Rozpoczęto poszukiwanie miejsc nieszczelnych zapomocą otwartego płomienia. Obmurze było przeciętnie w dobrym stanie a u jednego z kotłów zaledwie przed rokiem odnowione. Główne nieszczelności stwierdzone zostały w przedniej ściance obmurza, wokoło czopucha oraz około przewodów rurowych, jak np. przewody szkieł wodowskazowych w miejscach, w których przewody te przechodziły przez obmurze kotła.

Przy stopniowem usuwaniu nieszczelności stwierdzić można było widoczną poprawę ciągu bez uciekania się do ciągomierza. Po ukończeniu roboty ciąg wzrósł w jednem z palenisk do 6 *mm*, w drugiem zaś nawet do 8 *mm*, a zawartość CO_2 wynosiła 9, 10 i 11%. Temperatura gazów spalinowych dochodziła do 232° *C* a nawet do 260° *C*.

Zasadniczo przy większej zawartości CO_2 w gazach spalinowych temperatura gazów będzie niższa. Zasada ta jednak znajduje zastosowanie, jak widać, tylko w tym wypadku, kiedy większą zawartość CO_2 powoduje sprawniejsze działanie paleniska. W naszym wypadku zawartość CO_2 wzrosła w związku z usunięciem nieszczelności obmurza, przez które dopływać mogło chłodne powietrze, Warunki pracy kotła uległy pośrednio jedynie poprawie. Gdyby próbki gazu pobrane do analizy pochodziły, jak zwykle, z dymnicy kotła, analiza dałaby inne wyniki i wykazała normalną zawartość CO_2. Próbki pobrane zostały z kanałów dalszych, leżących za przewietrznikiem.

Nieszczelności w obmurze kotłów niejednokrotnie mogą być przyczyną słabego ciągu. Należy przeto zwrócić baczną uwagę na stan obmurowania każdego kotła.

Wypadek niniejszy dobitnie również przemawia za pożytkiem, jaki pewne przyrządy miernicze w kotłowni przynieść mogą. (*Power*).

PRZEPALANIE SIĘ OPŁOMEK.

1.

Pękanie i inne uszkodzenia opłomek w kotłach pracujących z większem natężeniem interesowało niejednego z badaczy. Przypuszczać by można, że zjawisko to zostało już całkowicie zgłębione i opracowane. Badania dotychczasowe dalekie jednak

przeważnie były od ścisłości naukowej a uzyskane na tej drodze wiadomości w pewnych określonych wypadkach prowadziły do wywodów zupełnie nieuzasadnionych. Jeden z takich właśnie wypadków zachęcił autora tej notatki do przeprowadzenia ściślejszych dochodzeń.

Pewien większy zakład przemysłowy, który posiadał kotły z poziomemi opłomkami opalane ciekłem paliwem, pomimo znacznego zanieczyszczenia kotłów osadem nie odczuwał poważniejszych trudności z opłomkami. Grubość osadu dochodziła nieraz od 5 do 10 *mm*. Usuwanie osadu z opłomek przy pomocy turbinowych aparatów mechanicznych wymagała kosztownej i ciężkiej pracy. Postanowiono zbadać dokładniej przyczyny powstawania tak obfitych osadów.

Ponieważ na razie wszystko odbywało się pomyślnie postanowiono przy czyszczeniu opłomek pozostawiać na ich powierzchni warstwę osadu grubości skorupy jajka. Skonstatowano jednak, że wkrótce po tem zarządzeniu rozpoczęły się wypadki przepalania się opłomek. Badania tego zjawiska nie doprowadziły na razie do ustalenia jego przyczyny. W następstwie zdecydowano, że szukać jej należy w zainstalowanym jednocześnie aparacie do zmiękczania wody. Rozumowanie odpowiadało pozornie wymaganiom logiki. Bez zmiękczania wody i pomimo obfitych osadów szkodliwego zjawiska nie obserwowano. Po zainstalowaniu aparatu do zmiękczania wody zmniejszono wydatnie ilość osadów, co nie mogło spowodować wypadków z opłomkami. Ponieważ pozatem pozostałe warunki oprócz zmiękczania wody nie uległy zmianie, temu właśnie zmiękczaniu wody winę przypisywać należało.

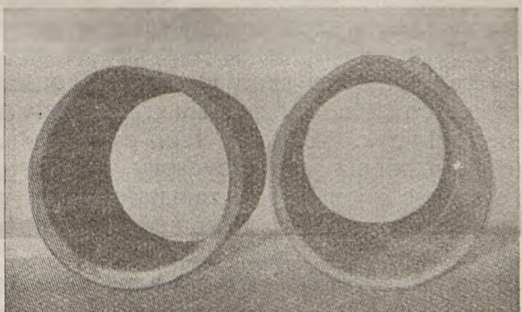
Powstający na powierzchni opłomek osad w stanie świeżym, t. j. zaraz po otworzeniu kotła zawierał 50% wody. Osad był miękki i mułowaty i nie mógł powodować uszkodzeń opłomek o ile nie tamował obiegu wody w kotle. Okoliczność ta była jednak wykluczona, gdyż wówczas uszkodzenia opłomek zjawiły by się już dawniej, kiedy powstający osad miał konsystencję zwartą i powstawał w znacznie większych ilościach.

Postanowiono prowadzić dochodzenia dalej z całą naukową ścisłością.

Pewną ilość przepalonych opłomek (rys. 1, 2 i 3) posłano do pracowni badawczej. Pochodziły one bez wyjątku z dolnego poziomego szeregu rurek, położonego bezpośrednio nad palnikami ro-

powemi i posiadały zbliżony do siebie wygląd zewnętrzny. Powierzchowny przegląd opłomek wykazał, że uszkodzenia powstawały na zewnętrznej ich powierzchni a nie na wewnętrznej jakby to wynikało z poprzednich przypuszczeń.

Powierzchowny ten przegląd opłomek wykazał, że zjawisko zaczynało się od wypalania się a raczej od osłabiania powierzchni opłomek poczem na miejscu osłabienia rurki powstawało nieznaczne wydęcie. Gdyby wydęcia te powstawać miały pod wpływem osadów kotłowych zjawisko zaczynać by się było powinno od powstawania wydęcia, które ulegało by w następstwie



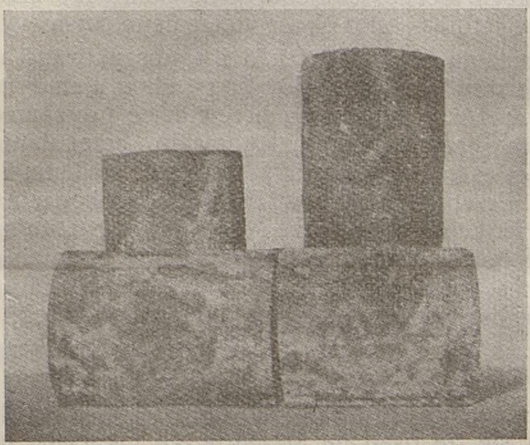
Rys. 1. Przekrój poprzeczny płomieniówek przez miejsce pęknięcia. Przekrój wskazuje zmniejszone grubości ścianki.

przepaleniu. Wydęcia powstawałyby również względnie równomiernie a nie tylko tam gdzie opłomka była najbardziej osłabiona. Opłomki pokryte były stożkowatą masą tlenku żelaza na powierzchni dwa do trzech razy większej od powierzchni wydęcia. Wydęcie tworzyło się mniej więcej pośrodku tej warstwy tlenku a pośrodku wydęcia powstawało pęknięcie. Pęknięcie powstawało w miejscu największego osłabienia ścianek opłomki.

Przy powstawaniu wydęć pod wpływem osadu i przepalania się opłomki w tak odkształconych miejscach, powstanie pierwotnego uszkodzenia należy sobie tłomaczyć w ten sposób, że w uszkodzonem miejscu powstaje poduszka z pary, która jak

izolacja, utrudnia przewodnictwo ciepła, powoduje przegrzanie materjału i przy udziale tlenu, zawartego w gazach spalinowych, przepala go.

Wynika zatem, że rozumowanie poprzednie jest zupełnie uzasadnione. Ponadto warstwa tlenku żelaza sprawia wrażenie, że powstanie jej przypisać należy raczej powolnej akcji rozkładowej niż przepalaniu żelaza. Po ustaleniu, że zjawisko powstaje dzięki czynnikom zewnętrznym a nie wewnętrznym przeprowadzono dalsze badania zewnętrznej powierzchni opłomek.



Rys. 2. Widok dolnej powierzchni uszkodzonych płomieniówek.

Postawione zostały następujące przypuszczenia:

1. Warstwa sadzy i resztki niespalonego paliwa prowadząc do niecałkowitego spalania spowodowały miejscowe przegrzanie opłomek.

2. Warstwa sadzy tworząc miejscową izolację spowodowała nierównomierne przewodnictwo ciepła i przyczyniła się do przepalania opłomek.

3. Palniki ropy, skierowane niewłaściwie, nie dały należytego rozpylenia ropy i spowodowały przepalenie opłomek.

4. Niewłaściwie skierowane pochodnie palącej się ropy wywołały zjawisko płomienia spawalnego (blow - torch, Stichflamme) i spowodowały przegrzanie i przepalenie się opłomek.

W celu zbadania racjonalności przypuszczeń 1 i 2 zebrany został osad z powierzchni opłomki znajdującej się w pobliżu miejsc przepalonych w celu zbadania czy istotnie składa się on z sadzy. Stwierdzono, że zawiera on pewną nieznaczną zawartość sadzy. Można więc było przypuszczać, że badania znajdują się na właściwej drodze. Fakt jednak, że od strony wody opłomka była zupełnie czysta, utrudniał uzasadnienie przypuszczenia o przegrzaniu blachy z jakiegokolwiek bądź powodu, gdyż wobec zetknięcia bezpośredniego, jakie pomiędzy blachą a wodą bezsprzecznie istniało, możliwość przepalenia była wykluczona.

Przy badaniu przypuszczeń 3 i 4 poszukiwano na powierzchni miejsc uszkodzonych śladów ropy, ale z ujemnym wynikiem. Wynik taki można było zresztą przewidzieć gdyż przy wysokich temperaturach przy jakich następowało przepalanie opłomek wszelkie domieszki ropy musiały by uledz spaleniu i ulotnić się całkowicie. Przeprowadzone w zakładzie dochodzenia wyjaśniły, że palniki funkcjonowały przez cały czas bez żadnych zmian. Gdyby więc nawet przypuścić powstawanie płomienia spawalnego, nie można było przypisać mu winy przepalania opłomek wobec zupełnie czystej wewnętrznej powierzchni rurek.

Wówczas zwrócono się do dalszego przypuszczenia, o którem na razie nie było mowy.

Przy zbieraniu osadów z zewnętrznej powierzchni opłomek przekonano się, że osad na szczytowych częściach opłomek był bardziej miękki i obfity od osadu zbierającego się w dolnych i bocznych częściach powierzchni rurek. Osad z części szczytowych dawał się łatwo usunąć, posiadał zielonkawy kolor i był wilgotny. Zwróciło to uwagę obserwatora, który zarządził zbadanie składu tego osadu.

Osad poddano przedewszystkiem ogrzewaniu. Chodziło przytem o zbadanie jego zachowania się wobec działania ciepła odpowiednio do warunków pracy opłomek. Osad ten uległ przytem stopieniu pozostawiając przywartą do metalu powłokę dość podobną z wyglądu do osadu zebranego z bocznych i dolnych powierzchni przepalonych rurek. Warstwa ta, jak się okazało, składała się z czarnego tlenku żelaza. W ten sposób odtworzone zostało to co zachodzi podczas pracy kotła.

W takich warunkach powstała myśl, że zielonkawy osad zbierający się na powierzchni opłomek zostaje pod wpływem ciepła stopiony i w roli rozpuszczalnika (flux) koroduje opłomki aż do chwili kiedy osłabione ich ścianki nie mogą wytrzymać panującego w kotle ciśnienia i ulegają odkształceniu (wydęciu) i przepaleniu.



Rys. 3. Siarczany żelaza skupione na powierzchni tej płomieniówki usunięte zostały zapomocą spłukania ich wodą. Należy zwrócić uwagę na ostre linje w miejscach gdzie powstawały produkty rozkładu.

Powracając do dokładnej obserwacji uszkodzonych opłomek ustalono, że na każdej z nich ujawnić można było zupełnie wyraźną linję rozgraniczającą miękki i niestopiony osad od twardego materjału stopionego. Podczas pracy kotła żelazowe i żelazawe siarczany, powstające na zewnętrznej powierzchni opłomek ulegają pod wpływem wysokiej temperatury stopieniu. W stanie płynnym ściekają one na dolną część powierzchni opłomek zagęszczając się stopniowo coraz silniej i działają jak rozpuszczal-

nik na żelazo osłabiając ścianki rurek i doprowadzając do wydęć i do przepalenia.

Pochodzenie siarczanów żelaza daje się łatwo wytłómaczyć. Każde paliwo płynne, przedewszystkiem zaś paliwo gorszych gatunków zawiera siarkę. Spalając się siarka tworzy dwutlenek siarki:

$$S + 2O = SO_2$$

Pozatem przy spalaniu się płynnego paliwa powstaje woda, która łącznie z dwutlenkiem siarki wytwarza kwas siarkawy według następującej reakcji:

woda + dwutlenek siarki = kwas siarkawy

$$H_2O + SO_2 = H_2SO_3$$

Tlen zawarty w gazach spalinowych utlenia kwas siarkawy:

kwas siarkawy + tlen = kwas siarkowy

$$H_2SO_3 + O = H_2SO_4$$

Kwas siarkowy działa na żelazo opłomki tworząc zmienne ilości żelazawego i żelazowego siarczanów:

Kwas siarkowy + żelazo = siarczan żelazawy + wodór

$$H_2SO_4 + Fe = FeSO_4 + 2\ H$$

oraz:

kwas siarkowy + żelazo = siarczan żelazowy + wodór

$$H_2SO_4 + Fe = Fe_2(SO_4)_3 + 6\ h$$

W wyniku badań ustalono zatem, że korodowanie rurek zawdzięczać w tym wypadku należało czynnikom wewnętrznym, że przegrzanie nie może być brane w rachubę wobec czystości wewnętrznej powierzchni opłomek, że odpowiedzialność za uszkodzenia nie może obciążać możliwych w palenisku płomieni spawalnych. Wydęcia i pękanie opłomek zapoczątkowane zostało przez korodowanie ich powierzchni następujące skutkiem spalania siarki i wytwarzania się przytem kwasu siarkowego. Korodowanie ścianek spotęgowane stapianiem produktów korozji osłabia ścianki opłomek do tego stopnia, że powstają na nich wydęcia i opłomki pękają. Pierwotną przyczynę uszkodzeń opłomek stanowi paliwo ciekłe, zawierające siarkę.

Ponieważ chodzi nietylko o zbadanie przyczyny złego ale i o skuteczne środki zaradcze zalecić można zarządzenia następujące:

Przedewszystkiem dążyć należy do zmniejszenia zawartości siarki w paliwie. Pożądane jest całkowite oczyszczenie paliwa z siarki, gdyż to zabezpiecza całkowicie od podobnych uszkodzeń.

Można również przypuszczać, że przez dodanie do paliwa pewnych substancyj, które przy wysokich temperaturach spalania unieszkodliwiają związki siarkowe, można się zabezpieczyć od wypadków.

Opłomki należy z jednakowa starannością utrzymywać w czystości nietylko zwewnątrz lecz i zzewnątrz. Zalecić można jaknajczęstsze czyszczenie ich zzewnątrz, w celu usuwania osadów, złożonych z żelazowego i żelazawego siarczanów, zanim dojdą one do takiej grubości, przy której ulegają stopieniu. W ten sposób można przedłużyć pracę opłomek.

Należy zapobiegać nadmiernemu utlenianiu się siark . Z pośród palnych składników paliwa ciekłego siarka posiada najmniejszą skłonność do łączenia się z tlenem. Bardzo być może, że przy pomocy regulowania ciągu odpowiednio skonstruowanym aparatem można byłoby zabezpieczyć się przed spalaniem siarki albo przed powstawaniem produktów dalszego jej utlenienia t. j. przed kwasami siarkawym i siarkowym. Urzeczywistnienie tych dezyderatów usunąć może niebezpieczeństwo uszkodzeń.

Ponieważ najobfitsze gromadzenie się i skraplanie kwasu siarkowego zachodzi wówczas gdy opłomki są chłodne, czyli wkrótce po uruchomieniu kotła, w celu usunięcia tego zjawiska zalecić można zasilanie kotłów wodą ogrzaną do 100°C oraz czyszczenie rurek zzewnątrz zapomocą sprężonego powietrza natychmiast po zagotowaniu wody w kotle.

Pokrywanie opłomek dobrze przewodzącą ciepło i niesklonną do korodowania żelaza powłoką może również zabezpieczyć rurki nie zmniejszając sprawności pracy kotła. Wytwarzanie opłomek ze stali nierdzewiącej (stali chromowej) może być bardzo wskazane ponieważ zabezpiecza nas od działania kwasu siarkowego.

Na podstawie powyżej przedstawionych wyników badań można postawić szereg pytań i wyjaśnić je całkowicie.

Pierwsze pytanie jakie postawić należy brzmi: dlaczego, jeżeli wyżej przedstawiona teorja odpowiada rzeczywistości zja-

wisko tutaj przedstawione nie zachodzi w kotłach opalanych węglem kamiennym, który zawiera wszak poważne domieszki siarki. Okoliczność powyższa przeczy jakgdyby zasadniczemu założeniu naszych wywodów o tem, że podstawową przyczynę uszkodzeń stanowi zawarta w paliwie siarka.

Przy bliższem jednak porównaniu okoliczności zachodzących podczas spalania węgla i ropy zauważyć można znaczną rozbieżność. Rozbieżność ta upoważnia do przypuszczenia, że w jednym wypadku zjawisko zachodzić może, podczas gdy w drugim nie daje się ono obserwować.

Przedewszystkiem ropa zawiera znacznie większe ilości siarki niż węgiel. Jeżeli jednak domieszka siarki jest jednakowa, należy rozważyć zasadniczą różnicę pomiędzy węglem a ropą.

Ropa całkowicie prawie składa się ze składników natury organicznej, węgiel wprost odwrotnie. Organiczne składniki ropy zawierają znaczne ilości wodoru, który przy spalaniu tworzy wodę. Woda w gazach spalinowych choćby pod postacią pary musi być obecna jeżeli produkty spalania siarki utworzyć mają kwas siarkowy.

W węglu przeważają składniki nieorganiczne, zawiera on zwykle znacznie mniejsze ilości siarki i wodoru, wobec czego wypadki tego rodzaju w paleniskach węglowych stanowią rzadkie wyjątki.

Powstaje jeszcze jedna wątpliwość, polegająca na tem dlaczego wypadki uszkodzenia rurek nie zachodzą przy opłomkach zanieczyszczonych osadem. Zjawisko powstaje jedynie po oczyszczeniu opłomek z osadu.

Wbrew przewidywaniom czyste opłomki więcej są na korozję i na pękanie narażone. W oczyszczonych z osadu opłomkach woda styka się bezpośrednio z ich żelaznemi ściankami i bez przerwy pochłania doprowadzane jej ciepło. Znaczy to, że temperatura zewnętrznej powierzchni opłomek niewiele tylko przewyższa temperaturę wody pomimo tego, że rurka poddana jest bardzo wysokiej temperaturze. Unikamy wobec tego przepalania się opłomek. Ale ta stosunkowo niska temperatura sprzyja skraplaniu się powstającego w palenisku kwasu siarkowego i kwas ten rozpoczyna działać na żelazo i tworzy siarczany żelaza. Gdy powstające na opłomkach osady dojdą do odpowiedniej grubości zaczynają się stapiać i przyśpieszają korodowanie żelaza.

Jeżeli opłomki zawierają osad możliwość reakcyj powyższych jest znacznie zmniejszona. Osad hamuje przewodnictwo ciepła i podnosi temperaturę ścianek opłomki ponad temperaturę przy której następować może skraplanie się kwasu siarkowego, który ulatnia się wraz z gazami spalinowemi i nie powoduje żadnych uszkodzeń.

R.

2.

Z zainteresowaniem przeczytałem artykuł p. R. Wywody autora przelewają dużo światła na zagadnienie, zupełnie zasługujące na poważną i wyczerpującą dyskusję. Do dyskusji tej pragnę przyczynić się niektóremi spostrzeżeniami zaczerpniętemi z własnej praktyki.

Jeden z wywodów autora wymaga pewnych jeszcze badań dodatkowych zanim można będzie opierać na nim ścisłe wnioski co do przyczyny powstających w kotłach opalanych paliwem ciekłem uszkodzeń rurek. P. R. stwierdza, że uszkodzenie rurek powstaje w tym wypadku przez opalanie ich z zewnątrz. Opalona rurka ulega lokalnemu osłabieniu i w osłabionem jej miejscu powstaje wydęcie. Nie podaje on jednak juką metodą ustalony został ten właśnie porządek kolejności zjawisk. Okoliczność, że wydęcie jest zlokalizowane nie upoważnia samo przez się do twierdzenia, że przyczyną poprzedzającą jego powstanie było opalenie się rurki. Wszak w razie zerwania łańcucha nie można twierdzić, że tylko zerwane jego ogniwo ulegało naprężeniu. Nie można również udowodnić, gdy wydęcie powstało skutkiem pokrycia ścianek rurki osadem kotłowym, że wydęcie spowodowane zostało skutkiem tego, że żelazna ścianka rurki oddzielona została od osadu warstwą pary. Gdyby bowiem żelazo stykało się z parą, zachowałby niską temperaturę i nie mogłoby uledz przegrzaniu. W rzeczywistości obserwujemy istotnie, że osad przywiera do ścianek i izoluje je od zetknięcia się z parą i z wodą. W wyniku rurka ulega przepaleniu ponieważ osad kotłowy jest bardzo złym przewodnikiem ciepła

Okoliczność, że według twierdzen p. R. warstwa sadzy jest grubszą na częściach szczytowych rurek niż na dolnych ich częścizch był łatwy do przewidzenia. Zielonkowate zabarwienie sadzy i jej zawilgocenie nie posiadają żadnego znaczenia. Gdy-

by p. R. badał sadzę podczas pracy kotła, stwierdziłby niezawodnie, że była ona sucha i że składała się z węgla, siarki i z żelaza pochodzącego ze rdzy powstającej na rurkach.

Wzory reakcyj chemicznych podane przez p. R. są bez zarzutu. Tego jednak rodzaju reakcje chemiczne nie zachodzą w paleniskach kotłów parowych, o ile temperatura paleniska jest tak wysoka, że nie pozwala na powstawanie tam płynów. Gdyby uszkodzenia rurek powstawały pod wpływem kwasu siarkowego działającego na zewnętrzne powierzchnie rurek, w jaki sposób możnaby sobie wytłomaczyć, że uszkodzenia te powstają wyłącznie w najniższym szeregu rurek i jedynie w granicach pierwszego kanału dymowego.

Działanie kwasu siarkowego powinnoby być silniejsze w górnych szeregach rurek, gdzie panują niższe temperatury i łatwiej skraplać się może zawarta w gazach spalinowych para niż w znajdującej się pod wyższą temperaturą części paleniska. Gdyby zabezpieczeniem się od uszkodzeń było oczyszczenie paliwa z siarki, jąk twierdzi p. R., dlaczego zjawisko uszkodzeń zachodzi zupełnie analogicznie w kotłach opalanych ropą kalifornijską, zawierającą zaledwie 0,5% siarki, jak przy ropie pochodzenia meksykańskiego, w której domieszka siarki wynosi od $2\frac{1}{2}$ do 3%.

Jestem przekonany, że przyczyna uszkodzeń rurek zależy od zjawisk zachodzącycn na wewnętrznych ich powierzchniach. Zdanie swe opieram na obserwacjach, przeprowadzonych w trzech opalanych ropą instalacjach, w których czynna powierzchnia ogrzewana kotłów wynosiła od 500 do 2000 m^2. Jedna z wymienionych kotłowni spala ropę kalifornijską a dwie pozostałe opalane są ropą meksykańską. Wszystkie one cierpią jednakowo od uszkodzeń rurek. Zauważono, że uszkodzenia zachodziły zawsze pod jednym i tym samym z pośród trzech walczaków. Na podstawie analizy próbek wody zaczerpniętych z tego walczaka, udało się stwierdzić, że znajdująca się w nim woda była silniej zanieczyszczona niż w obu pozostałych. Stwierdzono to w każdym z kotłów wyżej wymienionych kotłowni. Na tej właśnie podstawie przychodzę do wniosku, że przyczyna uszkodzeń rurek jest raczej wewnętrzną niż zewnętrzną.

Drukarnia A. Michalskiego, spółka z ogr. odp., Chmielna 27, telefon 27-15.